

УДК 623.9:627.7

# О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ГРУППИРОВОК РАЗНОРОДНЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И ПОДХОДАХ К ИХ РЕШЕНИЮ

**А.И. Опарин, А.Н. Печников**

Федеральное государственное казённое военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-Морского Флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова»» Министерства обороны Российской Федерации<sup>1</sup>

Целью работы являлось выявление основных проблем комплектования и применения оперативно формируемых разнородных роботизированных технологических комплексов и обоснование подходов к их решению. В результате сравнительного анализа подходов к созданию и практическому применению средств ведения подводных исследований и работ была обоснована трактовка мобильного роботизированного технологического комплекса как оперативно формируемой группировки разнородных мобильных робототехнических комплексов. На основе представленных в средствах массовой информации данных о случаях фактического применения таких группировок были выделены отличительные характеристики, проблемы комплектования и применения оперативно формируемых группировок разнородных подводных аппаратов и других технических средств ведения подводных исследований и работ. На этой базе была разработана концептуальная модель оперативно формируемого мобильного роботизированного технологического комплекса и определены целесообразные подходы к реализации процедуры его оперативного комплектования и организации системы управления им.

## ВВЕДЕНИЕ

Термином, позволяющим наиболее полно охватить многообразие современных средств ведения подводных исследований и работ, является «мобильный робототехнический комплекс» (МРК). МРК представляет собой сформированную в виде единого модуля (подводного аппарата) совокупность мобильного робототехнического средства (робота), функционального (технологического, рабочего) оборудования, системы дистанционного управления и средств их технического обслуживания. Любой МРК – это единица промышленной продукции, которая обладает детерминированными характеристиками и обеспечивает решение заранее заданной совокупности типовых задач путем реализации в определенном спектре условий некоторого наперед известного перечня функций.

На практике МРК часто используются в составе их оперативно формируемых группировок, в которые могут быть включены любые средства проведения подводных исследований и работ (самолеты, вертолеты, беспилотные летательные аппараты, необитаемые и обитаемые подводные и надводные аппараты, суда, корабли, водолазные средства и т.п.). Такую группировку МРК классифицируют как «мобильный роботизированный технологический комплекс» (МРТК), который представляет собой территориально распределенную совокупность МРК, обеспечивающую реализацию всех операций процедуры решения некоторой критериальной (конкретной) задачи в соответствии с ее условиями и требованиями.

Ниже обсуждаются некоторые проблемы комплектования и применения МРТК, ориентированно-

го на решение заранее неизвестной критериальной задачи, из имеющегося набора МРК, каждый из которых обеспечивает решение известной совокупности типовых задач.

## ■ Характеристики мобильных роботизированных технологических комплексов

Для того чтобы сформулировать проблемы комплектования и применения МРТК как оперативно формируемых группировок МРК, прежде всего необходимо представлять те ограничения, которые имеют место при комплектовании и применении МРТК.

Уже в тактико-техническом задании на разработку любого МРК определяется его целевое предназначение, задаются характеристики

<sup>1</sup> 197045, Санкт-Петербург, Ушаковская набережная, 17/1. Тел.: 8 (812) 496-16-18. E-mail: vunc-vmf@mil.ru; pan287@yandex.ru

условий его работы и перечень типовых задач, которые он должен решать. Несмотря на это вариативность окончательного проектного решения чрезвычайно высока. Так, специалисты Института проблем морских технологий ДВО РАН в отношении поисковых МРК в [1] определяют следующий набор проектных альтернатив: 1) носителями могут быть буксируемые аппараты, автономные аппараты, легкие (обзорные) телеуправляемые аппараты, тяжелые (рабочие) аппараты; 2) навигационные средства и средства технического зрения могут быть представлены гидроакустическими навигационными системами с длинной и ультракороткой базами, гидролокаторами бокового и секторного обзора, многолучевыми эхолотами, акустическими профилографами, телевизионными и фотосистемами, системами электромагнитного и магнитометрического поиска и т.д. Подобное многообразие альтернатив имеет место в каждом из определенных в ГОСТ Р 56960-2016 [2] классов (поисковые, исследовательские, рабочие и т.д.) подводных аппаратов (ПА).

Вариативность проектных решений на существующем многообразии исходных альтернатив определяет корректность следующих соотношений:

- образцы МРК, которые в рассматриваемых условиях обеспечивают реализацию одних и тех же функций, могут иметь существенные конструктивные отличия и по номенклатуре классифициционных признаков принадлежать к различным категориям;
- возможность и целесообразность применения того или иного МРК в тех или иных конкретных условиях для выполнения той или иной функции может быть определена только на основе сравнительного анализа условий и требований критериальной задачи с ТТХ

и функциональными возможностями конкретного образца МРК.

В отличие от МРК, МРТК в общем случае имеет вариативную пространственно распределенную структуру, конфигурация которой определяется текущим взаимным расположением имеющейся группировки МРК. При этом единственный МРК может рассматриваться в качестве МРТК тогда, когда он один способен выполнить требования критериальной задачи с соблюдением всех ее условий и ограничений.

Все множество МРТК по признаку участия промышленности в их создании целесообразно разделить на два класса: 1) промышленно произведенные (ПП МРТК); 2) оперативно формируемые (ОФ МРТК).

ПП МРТК, также как и МРК, представляет собой готовое техническое изделие, которое обладает известными характеристиками и обеспечивает в определенном спектре условий решение заранее известного набора типовых задач.

В качестве примера такого ПП МРТК можно привести созданный в ИПМТ ДВО РАН роботизированный комплекс мониторинга дон-

ного пространства «Галтель» [3, 4, 5]. Этот МРТК представляет собой многоцелевой комплекс освещения донной обстановки и включает в себя пост управления и связи (ПУС), мобильные или стационарные средства навигационной поддержки и штатную группировку автономных и телеуправляемых НПА (рис. 1).

В свою очередь, ОФ МРТК – это совокупность разнородных МРК (ПА, судов, кораблей, водолазных средств и т.п.), которая в целях решения критериальной задачи оперативно формируется из имеющихся в наличии образцов МРК.

В качестве примера такой оперативно формируемой территориально распределенной группировки разнородных МРК можно привести ОФ МРТК, созданный Русским географическим обществом для проведения комплексных исследований озера Голубое, расположенного в Кабардино-Балкарии (рис. 2).

05 июля 2016 г. Русским географическим обществом было принято решение в период с 12 сентября по 15 октября 2016 г. провести комплексное исследование озера Голубое. Исследование преследовало



Рис. 1. Образцы НПА в составе МРТК «Галтель»

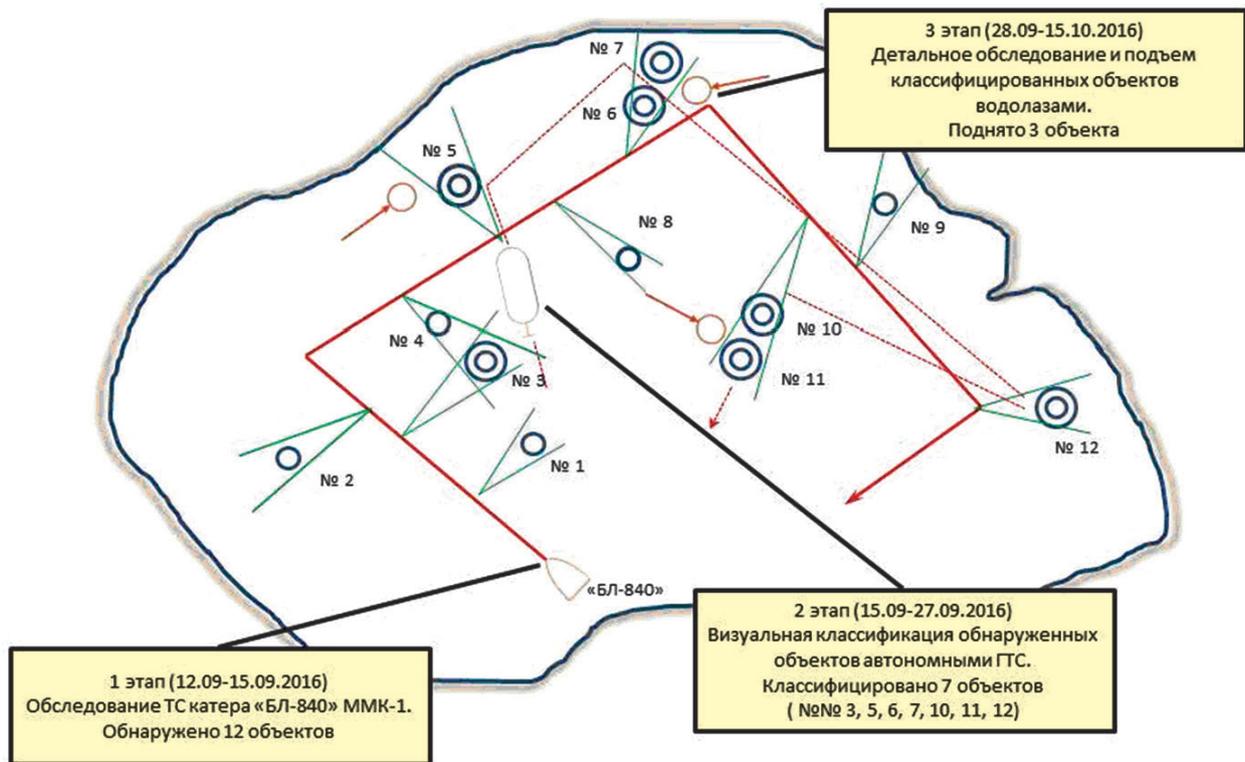


Рис. 2. Схема комплексного обследования озера Голубое

следующие цели: 1) обнаружение и подъём затонувших объектов; 2) изучение геоморфологических и карстовых процессов, происходящих в озере; 3) взятие образцов грунта со дна озера.

Для достижения этих целей был сформирован следующий МРТК:

1) катер БЛ-840 – носитель ММК-1;

2) необитаемый многоцелевой мобильный комплекс обследования донной обстановки «Морской мобильный комплекс» (ММК-1) производства АО «Концерн «Океанприбор»»;

3) обитаемый мобильный комплекс для проведения подводно-технических работ (МКПТР), созданный ОАО «ЦКБ «Лазурит»»;

4) телеуправляемые НПА «Гном», разработанные в Институте океанологии имени П.П. Ширшова РАН;

5) группа водолазов, способных работать на глубинах до 80 метров.

На первом этапе (12.09–15.09.2016 г.) озеро обследовалось средствами ММК-1. При этом катер БЛ-840 маневрировал прямыми и обратными галсами на скорости 3 узла. В ходе обследования дна озера гидролокатором бокового обзора и многолучевым эхолотом выявлены 12 представляющих интерес объектов.

На втором этапе (15.09–27.09.2016 г.) была произведена визуальная классификация обнаруженных объектов глубоководными аппаратами МКПТР, ТНПА «Гном». Было классифицировано 7 объектов, представляющих научный интерес.

На третьем этапе (28.09–15.10.2016 г.) производились детальные обследования и частичный подъем классифицированных объектов группой водолазов во взаимодействии с глубоководными аппаратами МКПТР. Последние производили наведение водолазов на объекты и освещали дно озера в районе работ, а также обеспечивали водолазов дополнительными

кислородными баллонами, размещёнными на подвесах аппаратов. Помимо этого подводные аппараты использовались водолазами в качестве декомпрессионных станций. Подъём крупногабаритных грузов производился при помощи надувных понтонов. При этом вначале поднимаемый груз стропился водолазами, затем при помощи подводного аппарата производился зацеп груза и последующий его подъём при помощи надувных понтонов челночным способом.

Задачи по комплексному исследованию озера Голубое были выполнены полностью.

Таким образом, основные отличия ПП МРТК от ОФ МРТК состоят в следующем:

1) ПП МРТК проектируется и создается заранее для решения некоторой совокупности типовых задач, а ОФ МРТК может быть создан только после постановки единственной критериальной задачи;

2) в состав ПП МРТК могут включаться технические средства,

которые еще предстоит спроектировать и разработать, а ОФ МРТК комплектуется исключительно из имеющихся в наличии готовых промышленных образцов.

Из этих отличий следует, что ПП МРТК может составить базовую основу для формирования ОФ МРТК и управления им.

Каждый ПП МРТК является готовым промышленным продуктом, в процессе испытаний которого проверяются его возможности, выявляются и устраняются недостатки. Комплектация и характеристики любого ОФ МРТК чаще всего уникальны. Их эффективность не может быть подтверждена испытаниями, поскольку он комплектуется один раз для решения единичной критериальной задачи. Последнее и определяет проблемы комплектования и использования ОФ МРТК.

#### ■ Проблемы оперативного комплектования и управления группировками разнородных мобильных робототехнических комплексов

В наиболее явном виде проблемы создания и применения ОФ МРТК проявились в поисково-спасательных операциях, проводившихся на месте катастрофы ПЛАРК «Курск» в Баренцевом море 12 августа 2000 года и катастрофы самолёта ТУ-154Б в Черном море 25 декабря 2016 года. Ниже приводятся ссылки на последнюю операцию, которая была широко и подробно представлена в средствах массовой информации.

Эта операция проводилась (рис. 3) в районе г. Сочи с 25 по 30 декабря 2016 года.

Группировку МРК на море составили технические средства МО, МЧС, Русского географического общества и ООО «Сочиморстрой».

Состав группировки постоянно варьировался. По данным МО РФ [6], вечером 26.12.2016 на заключительном этапе операции было задействовано 45 кораблей и судов, 15 ПА, 192 водолаза, 12 самолетов и 5 вертолетов. Поставленные задачи группировкой были выполнены.

Однако в процессе выполнения как этой, так и других подобных операций был выявлен ряд недостатков в организации и управлении ОФ МРТК.

К основным из этих недостатков были отнесены:

- 1) отсутствие универсального подхода к формированию МРТК;
- 2) отсутствие надежной и безопасной организации оперативного взаимодействия между МРК, входящими в ОФ МРТК.

Первый недостаток возникает вследствие того, что в основе комплектования ОФ МРТК лежат экспертные оценки. В результате субъективности этих оценок и отсутствия представленного в явном виде описания процесса формирования ОФ МРТК возникают ситуации следующих видов:

- 1) необходимые компоненты МРТК в его состав не включаются или включаются в недостаточном количестве, в результате чего

выполнение поставленных задач задерживается или производится неэффективно;

2) в состав МРТК включаются явно ненужные компоненты, доставка и развертывание которых мешает проведению необходимых мероприятий;

3) в состав МРТК включается явно избыточное число некоторых нужных компонент, наличие которых существенно затрудняет решение задач оперативного управления ими.

Второй недостаток проявляется в виде ситуаций неконтролируемого взаимодействия отдельных компонент МРК, входящих в МРТК. Ряд случаев такого взаимодействия был документально зафиксирован в процессе проведения поисково-спасательной операции на месте катастрофы ТУ-154Б.

Операция по поиску и подъему самолёта ТУ-154Б характеризовалась представленным на рис. 4 плотным взаимным расположением элементов МРТК (судов, катеров и других плавсредств), каждое из которых являлось СУ соответствующего МРК (ОПА, НПА, водолаза и т.д.).

Описывая в [7] особенности операции, старший аэромобиль-



Рис. 3. Схема района поисково-спасательной операции на месте катастрофы самолёта ТУ-154Б



Рис. 4. Визуальная обстановка в районе поиска самолета ТУ-154Б 26 декабря 2016 года [7]

ной группировки Центра по проведению спасательных операций особого риска (ЦСООР) «Лидер» (МЧС) в Сочи подполковник П. Гриценко отмечает, что в условиях такого плотного взаимодействия случаи неконтролируемого взаимодействия отдельных компонент МРК стали восприниматься как нормальные рабочие ситуации.

В таких ситуациях в качестве взаимодействующих могут выступать любые сочетания конечных компонент (человек–водолаз, ОПА, АНПА, РТПА, ТПА и др.) любых МРК, входящих в состав МРТК. Любая из этих компонент является частью конструктивно законченного промышленного изделия – МРК, включающего в себя транспортную систему, специальную (технологическую, рабочую) систему и систему управления. Любой МРК может самостоятельно выполнять любую из свойственных ему функций. Другими словами, система управления любого МРК способна адекватно управлять как транспортной, так и специальной системой МРК. В процессе выполнения свойственных функций в составе ОФ МРТК конечный компонент любого МРК может обнаружить конечный ком-

понент другого МРК. При этом даже в случае взаимного обнаружения и оповещения соответствующих систем управления ни сами конечные компоненты взаимодействующих МРК, ни их системы управления не смогут гарантировать согласованность, а значит, и безопасность возникшего взаимодействия ввиду отсутствия правил и средств организации такого взаимодействия.

Налицо противоречие между необходимостью плотного взаимодействия МРК, входящих в состав ОФ МРТК, и отсутствием правил, методов и средств организации взаимодействия разнородных МРК.

Следует отметить, что это противоречие справедливо и в отношении ПП МРТК, где оно частично разрешается за счет исключения случаев непосредственного взаимодействия МРК. Последнее достигается двумя способами: 1) применением МРК, способных выполнить всю процедуру решения поставленной критериальной задачи; 2) исключением случаев опасного сближения и взаимного обнаружения используемых МРК.

Использование МРК, способных выполнить всю процедуру

решения поставленной задачи, исключает необходимость передачи контакта с исследуемым (обследуемым, спасаемым, уничтожаемым и т.п.) объектом другому МРК в целях продолжения работы с ним. Другими словами, первый способ исключает необходимость непосредственного взаимодействия конечных компонент различных МРК для выполнения всей процедуры решения поставленной задачи. Однако любой МРК, будучи способен реализовать всю процедуру целиком, может быть не способен осуществлять ее с заданной результативностью (эффективностью). Последнее вызывает необходимость применения не одного, а группы МРК. В такой ситуации используется второй способ, который исключает возможность опасного сближения и взаимного обнаружения используемых МРК за счет директивного планирования траекторий их перемещения.

Так, в упоминавшемся выше МРТК «Галтель» первый способ реализуется путем применения штатной группировки автономных и телеуправляемых НПА, каждый из которых способен полностью реализовывать всю процедуру обследования заданного района. Соответственно возможность опасного сближения и взаимного обнаружения МРК, которые выполнены на базе АНПА и ТНПА и используются совместно, исключается путем директивного планирования (рис. 5), отображения планируемых и мониторинга фактических траекторий движения МРК в единой системе управления ими.

Однако исключить случаи опасного сближения и взаимного обнаружения взаимодействующих МРК даже при централизованном управлении невозможно, когда погрешности системы навигации становятся соизмеримы с дистан-

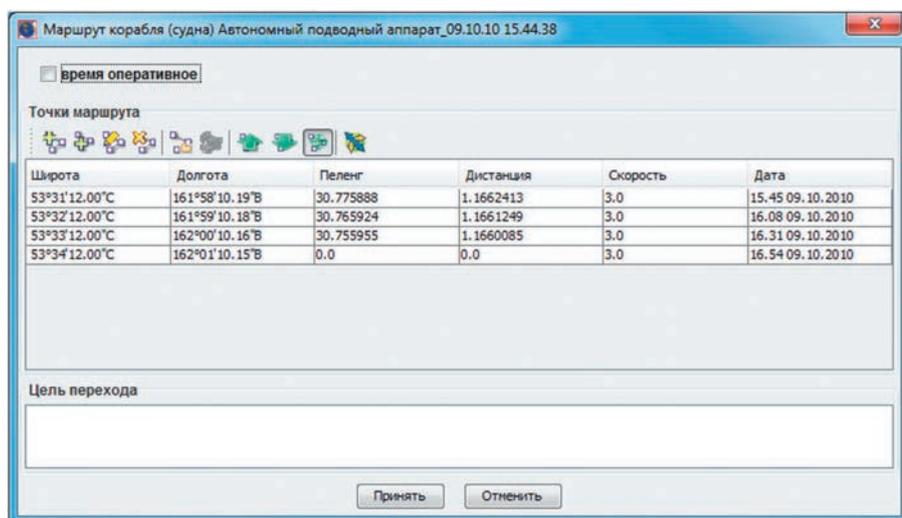


Рис. 5. Окно планирования маршрутов МРК в МРТК «Галтель»

циями сближения МРК. С учетом последнего следует считать, что противоречие между необходимостью плотного взаимодействия МРК и отсутствием правил, методов и средств организации взаимодействия разнородных МРК имеет место во всех видах современных МРТК.

#### ■ Концептуальная модель мобильного роботизированного технологического комплекса

Решение задач оперативного комплектования МРТК и организации взаимодействия входящих в их состав разнородных МРК прежде всего требует разработки концептуальной модели МРТК как объекта управления. Разработку такой модели целесообразно производить с учетом принципов совместимости беспилотных систем, изложенных специалистами МО США в «Комплексной дорожной карте развития беспилотных систем на 2011–2036 годы» (Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2011-2036) [8].

В соответствии с этими принципами МРТК должен характеризоваться следующим рядом особенностей:

1. МРТК создается для решения некоторой критериальной (конкретной) задачи в соответствии с ее уникальными условиями и требованиями.

2. Состав МРТК в общем случае может быть разнородным.

3. МРТК формируется после постановки задачи оперативно (в сжатые или кратчайшие сроки).

4. МРТК формируется из числа доступных и готовых к применению МРК.

5. МРТК представляет собой группировку территориально распределенных МРК, управление которой невозможно без включения всех задействованных МРК в единую систему связи и навигации.

Эти особенности требуют определенного комментария.

В соответствии с первой особенностью как процесс функционирования МРТК, так и состав тех средств, которые могут быть включены в МРТК, определяются уникальными условиями и требованиями некоторой критериальной задачи.

Для того чтобы обеспечить решение рассматриваемой критериальной задачи, МРТК должен гарантировать реализацию всех операций, входящих в алгоритм ее решения, именно в тех услови-

ях, которые определены в формулировке рассматриваемой задачи. Поэтому в состав МРТК могут быть включены только те МРК, которые могут: 1) функционировать в среде, характеризующейся параметрами (глубина, прозрачность, соленость, рельеф, удаленность от носителя, удаленность от системы управления и т.д.), которые указаны в условиях задачи; 2) выполнять те операции, которые входят в процедуру решения задачи.

Таким образом, первым видом ограничений, которые накладываются на процедуру формирования и состав МРТК, являются ограничения решаемой критериальной задачи: любые технические средства, которые не соответствуют условиям задачи и не способствуют ее решению, являются избыточными, а потому в состав МРТК включаться не должны.

Вторая особенность МРТК заключается в разнородности МРК, которые могут быть включены в состав МРТК. Эта особенность является следствием того, что представленные выше требования, которые предъявляются к МРК в составе МРТК, касаются только функциональных возможностей МРК и никак не ограничивают их иные характеристики. МРК из состава МРТК могут иметь существенные конструктивные отличия и принадлежать к различным классам и категориям, т.е. быть разнородными.

Третья особенность МРТК представлена оперативностью процедуры его формирования. Эта особенность является следствием того, что все критериальные задачи, которые ставятся перед МРТК, являются оперативными. Критериальная задача обозначается как оперативная, когда ее условия и требования не являются детерминированными, а изменяются с некоторой скоростью в определен-

ных пределах. Процедура решения такой задачи и состав технических средств, реализующих эту процедуру, должны соответствовать тем данным об условиях задачи, которые имеют место на момент реализации этой процедуры.

Поэтому вторым ограничением, которое накладывается на процедуру формирования МРТК, является ограниченность сроков формирования МРТК: *состав МРТК должен быть сформирован в такие сроки, чтобы за время формирования и планируемого применения МРТК условия задачи не смогли измениться настолько, что сформированный состав МРТК перестанет им соответствовать.*

Четвертая особенность формулируется в виде возможности включения в состав МРТК только доступных и готовых к применению МРК. Эта особенность соответствует требованию оперативности формирования состава МРТК. В рассматриваемых условиях формирования МРТК проведение каких-либо научно-исследовательских работ, проектных изысканий и промышленных разработок исключено. В качестве альтернативных образцов для включения в состав МРТК могут рассматриваться только те МРК, которые соответствуют следующим требованиям: 1) данные о ТТХ и функциональных возможностях рассматриваемого МРК достоверно известны; 2) МРК может быть доставлен к месту использования в технически исправном состоянии в рассматриваемые сроки. Поэтому МРТК может формироваться только из числа доступных и технически исправных МРК.

Значит, третьим видом ограничений, которые накладываются на процедуру формирования и состав МРТК, являются ограничения доступности и технической готовности рассматриваемых технических

средств: *нет смысла рассматривать на предмет включения в состав МРТК любых технических средств, которые недоступны или находятся в неисправном состоянии.*

Пятая особенность МРТК состоит в том, что группировка МРК, входящих в состав МРТК, является территориально распределенной. При этом любой МРК может находиться в любой из точек акватории решения поставленной задачи. Управление такой группировкой МРК может быть обеспечено только при выполнении условия включения всех задействованных МРК в единую систему связи и навигации.

Перечисленные особенности МРТК в значительной мере определяют как его структуру, так и процессы его формирования и функционирования.

#### ■ **Объективизация процесса формирования МРТК**

МРТК является результатом процедуры его формирования (комплектования). При этом сама эта процедура и рекомендации по ее реализации в явном виде нигде не представлены. Их суть оказывается скрытой в сознании экспертов, которые формируют МРТК. В качестве средства объективизации процедуры комплектования МРТК предлагается использовать метод эргономического проектирования деятельности, который был разработан А.И. Губинским и В.Г. Евграфовым и подробно представлен ими в [9].

Логика применения метода эргономического проектирования в отношении формирования МРТК базируется на первой его особенности, предполагающей включение в состав МРТК только тех МРК, которые способны выполнять операции, входящие в процедуру решения задачи, в условиях,

указанных в формулировке задачи. Сущность предлагаемого подхода к формированию МРТК представлена на рис. 6.

Для формирования МРТК необходимо иметь следующую исходную информацию:

1) перечень тех МРК, которые являются доступными и могут быть включены в состав МРТК;

2) перечень тех операций, которые входят в процедуру рассматриваемой задачи, или, что то же самое, – перечень подзадач, входящих в структуру рассматриваемой задачи.

Логика предлагаемого подхода, представленная на рис. 6, состоит в применении метода эргономического проектирования для построения иерархической структуры поставленной критериальной задачи путем ее последовательной декомпозиции на входящие в нее подзадачи. Эта структура развивается путем квантификации тех подзадач, в соответствие которым еще не поставлен выполняющий их МРК.

Процедура декомпозиции (квантификации) решаемой задачи и процедура расширения номенклатуры и количества МРК в исходном множестве альтернативных МРК прекращаются в двух случаях:

1) при формировании МРТК, когда в иерархической структуре задачи каждой из обозначенных подзадач (ПЗ) сопоставлен МРК (группа МРК), который способен решить эту подзадачу с заданной эффективностью (результативностью);

2) при признании невозможности создания МРТК, когда подзадачам нижнего уровня не могут быть поставлены в соответствие альтернативные МРК.

Состав МРТК может считаться окончательно сформированным, когда в иерархической структуре решаемой задачи всем подзада-

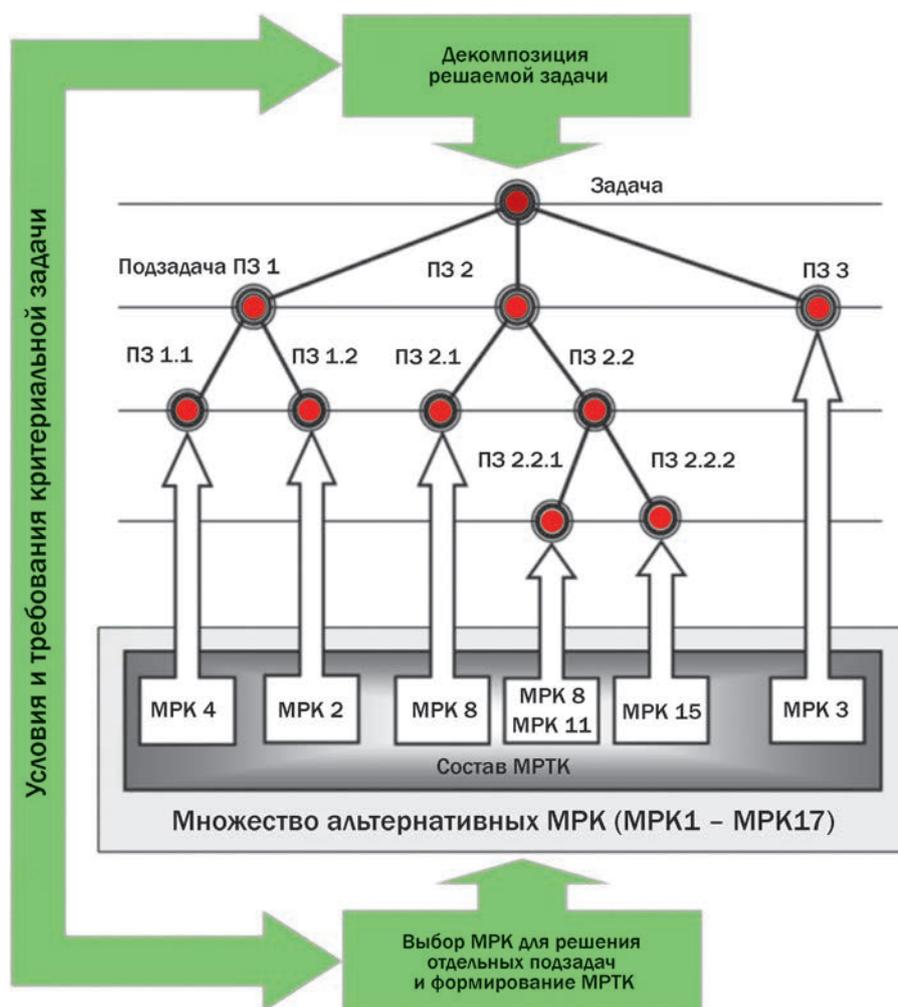


Рис. 6. Логика процесса формирования MRTK

чам нижнего уровня сопоставлены МРК, способные решать эти подзадачи в рассматриваемых условиях.

### ■ Характеристики системы управления MRTK

Для того чтобы использовать MRTK, нужно иметь систему управления им. Особенности системы управления MRTK и требования к ней являются следствиями из перечисленных выше пяти особенностей MRTK.

В частности, четвертая особенность определяет возможность включения в состав MRTK только доступных и готовых к применению МРК. Из этой особенности следует, что любой МРК из состава

ва MRTK должен являться готовым промышленным изделием, а значит, иметь свою систему управления, полностью самостоятельно обеспечивающую выполнение любой из свойственных МРК функций. При этом штатные системы управления МРК в рамках MRTK не могут быть изменены или заменены, поскольку такие действия противоречат приведенным выше третьей и четвертой особенностям MRTK.

Последнее определяет целесообразность организации системы управления MRTK по двухуровневой схеме, приведенной на рис. 7.

Верхний уровень управления представлен системой управления (СУ) MRTK, а нижний – штатными СУ МРК.

СУ MRTK должна обеспечить выполнение принципа совместности МРК в составе MRTK. Поэтому функцией СУ MRTK является организация и координация действий группировки МРК, включающая: 1) планирование действий MRTK; 2) постановку задач группам и отдельным МРК; 3) мониторинг и корректуру пространственных перемещений МРК; 4) организацию передачи контактов от одного МРК другому; 5) обеспечение безопасности взаимодействия МРК. Соответственно СУ МРК должны обеспечить решение поставленных перед соответствующими МРК подзадач, т.е. должны реализовать свойственные для этих СУ функции управления транспортными и специальными системами своих МРК.

С учетом того, что все МРК должны включаться в состав MRTK в готовом виде, работы по созданию MRTK сводятся к разработке СУ MRTK как системы координации действий СУ разнородных МРК. Физически такая СУ должна включать систему связи, систему навигации и пост управления и связи (ПУС).

Требованием, которое должно быть предъявлено к этой СУ с учетом специфики MRTK, является требование предоставления информации любой из СУ МРК с учетом уровня ее автономности. Другими словами, информация управления от СУ MRTK к СУ МРК должна поступать в том виде (на том языке), который соответствует уровню автономии этого МРК. Соответственно справедливо и обратное требование: СУ MRTK должен быть способен воспринимать информацию от любого МРК в том виде, в котором она вырабатывается СУ этого МРК или его конечными компонента-

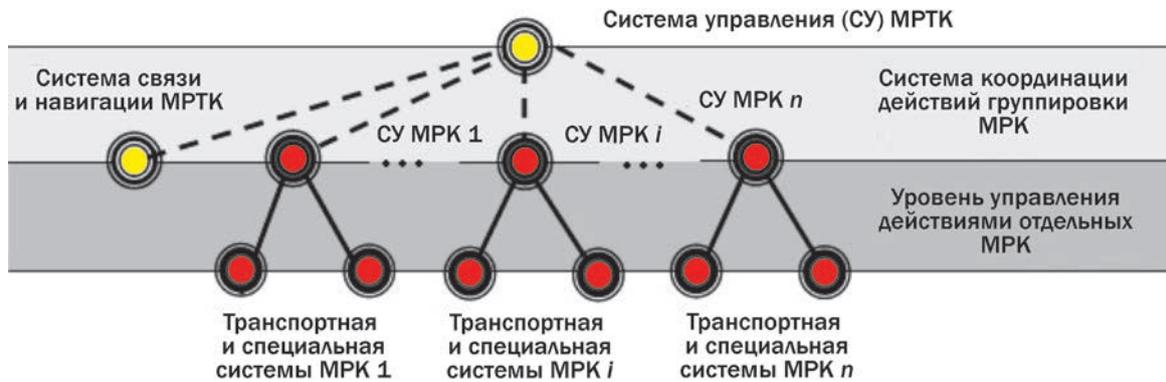


Рис. 7. Общая структура системы управления МРТК

ми (специальной и транспортной системами).

Таким образом, подсистема связи СУ МРТК должна обеспечивать прием и передачу информации управления всем разнородным МРК, входящим в МРТК. Подсистема навигации СУ МРТК должна обеспечивать заданную точность позиционирования всех разнородных МРК из состава МРТК. Соответственно ПУС СУ МРТК

должен быть способен обрабатывать информацию, поступающую от любого из МРК, и выдавать ему управляющую информацию в том виде, который требуется для СУ этого МРК.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В качестве препятствий к эффективному решению группировками разнородных средств

подводных исследований и работ внезапно возникающих конкретных задач выше были обозначены проблема оперативного комплектования МРТК и проблема управления взаимодействием МРК, входящих в состав МРТК. Предложенные подходы, по мнению авторов, позволяют в значительной мере преодолеть эти препятствия и повысить результативность применения МРТК.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агеев М.Д., Киселев Л.В., Матвиенко Ю.В. и др. Автономные подводные роботы: системы и технологии. М.: Наука, 2005. 398 с.
2. Аппараты необитаемые подводные: Классификация. ГОСТ Р 56960-2016. Введ. 14.06.2016. М.: Стандартинформ, 2016. 7 с.
3. Ивакин Я.А., Жукова Н.А., Панькин А.В. Интеллектуальная геоинформационная система мониторинга дна моря // Материалы 4-й Всерос. науч.-техн. конф. «Технические проблемы освоения мирового океана», 3–7 октября 2011. Владивосток: Дальнаука, 2011. С. 20–25.
4. Наумов Л.А., Матвиенко Ю.В. Состояние и перспективы развития работ ИПИМТ ДВО РАН по созданию подводных робототехнических средств // Материалы 4-й Всерос. науч.-техн. конф. «Технические проблемы освоения мирового океана», 3–7 октября 2011. Владивосток: Дальнаука, 2011. С. 416.
5. Матвиенко Ю.В., Костенко В.В., Борейко А.А. Разработка подводного роботизированного комплекса «Галтель» // Материалы 6-й Всерос. науч.-техн. конф. «Технические проблемы освоения мирового океана», 28 сентября–2 октября 2015. Владивосток: Дальнаука, 2015. С. 4–7.
6. Брифинг официального представителя Минобороны России по ситуации с крушением самолета Ту-154 в районе Сочи по состоянию на 21:00 (мск) 26.12.2016 [Электронный ресурс] – <https://www.youtube.com/watch?v=9FSZl2tanXU> (дата обращения: 12.03.2017).
7. Работы на месте крушения Ту-154 [Электронный ресурс] – [http://www.mchsmedia.ru/as\\_it\\_was/item/6527836](http://www.mchsmedia.ru/as_it_was/item/6527836) (дата обращения: 12.03.2017).
8. Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2011-2036 [Электронный ресурс] – <https://publicintelligence.net/dod-unmanned-systems-integrated-roadmap-fy2011-2036/> (дата обращения: 12.03.2017).
9. Губинский А.И., Евграфов В.Г. Эргономическое проектирование судовых систем управления. Л.: Судостроение, 1974. 224 с.

